

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-146443

(43) 公開日 平成9年(1997)6月6日

(51) IntCl⁴
G 0 3 H 3/00

識別記号 庁内整理番号

F I
G 0 3 H 3/00

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平7-306107

(22) 出願日 平成7年(1995)11月24日

特許法第30条第1項適用申請有り 1995年5月25日 社団法人日本機械学会発行の「日本機械学会論文集 (C 編) 第61巻第585号」に発表

(71) 出願人 000000170

いすゞ自動車株式会社
東京都品川区南大井6丁目26番1号

(72) 発明者 高田 博

神奈川県藤沢市土棚8番地 いすゞ自動車株式会社藤沢工場内

(72) 発明者 ダーレン ホールマン

アメリカ合衆国、インディアナ州、ウェスト・ラファイエット市1077、パデュー大学、スクール・オブ・メカニカル・エンジニアリング、レイ・ダブリュー・ヘリック・ラボラトリー内

(74) 代理人 弁理士 茂泉 修司

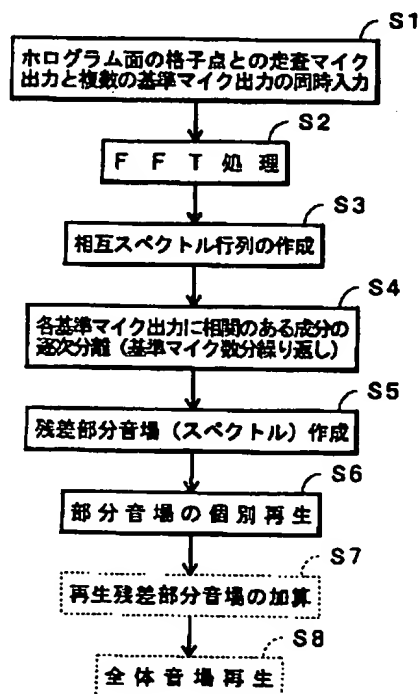
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 近距離音場ホログラフィー装置

(57) 【要約】

【課題】 近距離音場ホログラフィー法を複数の独立した音源が存在する音場に適用して任意の再生面の音圧を演算する装置において、複雑な処理を用いることなく任意の再生面の音圧を演算して音源の位置を把握できるようにする。

【解決手段】 ホログラム面の全格子点の音圧を分割測定する走査マイクの各格子点での出力信号と音場の固定点の音圧データを測定する各基準マイクの出力信号との相互スペクトル行列を作成し、偏関連度関数を用いて各基準マイクの出力信号に相互相関のある部分音場を分離し、個別に近距離音場ホログラフィー法を適用して再生することにより該音源の位置把握を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】近距離音場ホログラフィー法を複数の独立した音源が存在する音場に適用して任意の再生面の音圧を演算する装置において、

ホログラム面の全格子点の音圧を分割測定する走査マイクと、音場の固定点の音圧データを測定する複数の基準マイクと、該走査マイクの各格子点での出力信号と各基準マイクの出力信号との相互スペクトル行列を作成し、偏関連度関数を用いて各基準マイクの出力信号に相互相関のある部分音場を分離し、個別に近距離音場ホログラフィー法を適用して再生することにより該音源の位置把握を行う演算手段と、を備えたことを特徴とする近距離音場ホログラフィー装置。

【請求項2】該演算手段が、該部分音場を分離した後の残差雑音音場を演算する演算部を有することを特徴とした請求項1に記載の近距離音場ホログラフィー装置。

【請求項3】該演算手段が、該再生した各部分音場の平均自乗音圧の和を該音源の全体音場の状態を示す値として再生することを特徴とした請求項1又は2に記載の近距離音場ホログラフィー装置。

【発明の詳細な説明】

【発明の属する技術分野】本発明は近距離音場ホログラフィー装置に関し、特に自動車、航空機、工作機械等の一般機械における騒音の音源を把握するための近距離音場ホログラフィー装置に関するものである。

【0001】

【従来の技術】騒音の制音対策を行う場合、問題となる周波数成分の音源の探索、その発生原因の解明を行うことは非常に重要である。これらを解明する手段として過去に音響インテンシティ法、音響ホログラフィー法、近距離音場ホログラフィー法が開発されて来た。

【0002】この内、音響インテンシティ法では、比較的簡便な装置を用いて手軽に実行でき、また精度の良い結果を得ることができる。

【0003】しかしながら、通常は空間上の一点毎の測定なので、音響エネルギーが還流するような複雑な音場では、測定する位置の決定や結果の解釈などにおいてかなりの経験が必要である。経験が少ない場合、三次元空

$$\nabla^2 P - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 P}{\partial t^2} = 0$$

ここで、Pは複素音圧、cは音速である。

【0012】式(1)を周波数軸に変換して単一周波数のみを考慮すれば、次のヘルムホルツの方程式が得られ

$$\nabla^2 P + k^2 P = 0$$

ここで、kは波数である。

【0013】式(2)の解は、次のヘルムホルツの積分

$$P(r) = \iint_S \left\{ P(r') \frac{\partial G(r-r')}{\partial n} - G(r-r') \frac{\partial P(r')}{\partial n} \right\} ds \quad \dots \text{式(3)}$$

ここで、Gは自由空間におけるグリーン関数、Sは境界面、rは再生点の位置ベクトル、r'はホログラム面の

間内の多数の点の測定が必要であり、その結果、計測に要する時間が長くなる。また、測定した結果を用いて、音源変更予測等のシミュレーションを行うことができない。

【0004】音響ホログラフィー法については、計測面の形状、再生理論などによって各種の方法が開発されて来た。この方法では、二次元平面のみ測定すればよいので、音響インテンシティ法より計測に要する時間が大巾に短い長所がある。

【0005】しかしながら、遠距離音場で測定するので、音源探索精度・三次元音場の再生精度に本質的な問題があり、したがって、測定した結果を用いて、音源変更予測等のシミュレーションを行うことができない。

【0006】一方、近年注目されている近距離音場ホログラフィー法は、高精度な音源把握が可能であることが特徴である。

【0007】すなわち、音響ホログラフィー法が、対象とする周波数の騒音の1波長以下の間隔で配置された音源を分離できないのに対し、近距離音場で測定する近距離音場ホログラフィー法においては、そのような制限は本質的には存在しない。

【0008】これは、近距離音場で測定することにより音源の本質的な情報を持つエバネッセント波を測定できることによるものであり、以下に説明する。

【0009】半自由空間における近距離音場ホログラフィー法は、音源に近接する二次元平面(ホログラム面)において複素音圧を測定し、音源に接する平面を境界面とする半自由空間内の音圧を再生する手法であり、再生された音圧から粒子速度や音響インテンシティが計算される。

【0010】そして、音源に接する面において後進再生、すなわち、音源に向かって再生すれば、音源の把握を行うことができる。

【0011】近距離音場ホログラフィー法は、この半自由空間内に音源がない場合の次の波動方程式を基本とする。

【数1】

・・・式(1)

る。

【数2】

・・・式(2)

方程式で与えられる。

【数3】

位置ベクトルである。

【0014】ディリクレのグリーン関数 G_D を採用する

と、式(3)の第二項は消去され、次の第一レーリー積分式が得られる。

$$P(r) = \iint_s P(r') G_0(r-r') ds \quad \dots \text{式 (4)}$$

【0015】この式(4)は、二次元の畳み込みの形式であり、二次元フーリエ変換により次式のような単純な

$$p(k_x, k_y, z) = p(k_x, k_y, z') g_0(k_x, k_y, z-z') \quad \dots \text{式 (5)}$$

ここで、 k_x, k_y はホログラム面に平行な波数、 z, z' はそれぞれ再生面、ホログラム面の位置座標である。

【0016】また、 g_0 はグリーン関数 G_0 の二次元フー

$$g_0 = \exp \{jk_z(z-z')\} \quad \dots \text{式 (6)}$$

ここで、 $k_z = \sqrt{(k^2 - k_x^2 - k_y^2)}$ である。

【0017】そして、 $k_x^2 + k_y^2 > k^2$ のとき、 k_z は純虚数となり、音源から離れるに従って指数関数的に減衰して行く波を表す。

【0018】この波は、「エバネッセント波」と呼ばれており、このエバネッセント波は、音源近傍の空間における音圧の過渡的な歪みであり、音源のもつ幾何学的情報(すなわち、音源の詳細形状あるいはモード)は、こ

$$p(k_x, k_y, z) = p(k_x, k_y, z') \frac{1}{g_0(k_x, k_y, z-z')} \quad \dots \text{式 (7)}$$

【0020】ここで、 $0 \leq z < z'$ であり、後進再生ではエバネッセント波は指数関数的に増幅されるので、音源の分解能が高くなる。

【0021】式(5)及び式(7)の右辺を二次元逆フ

$$P(r) = F^{-1} \{ F[P(r')] F[G_0(r-r')] \} \quad \dots \text{式 (8)}$$

【0022】同様にオイラーの式から次式の如く粒子速度が求められる。

$$U(r) = \frac{1}{j \omega \rho_0} \nabla \{ F^{-1} \{ F[P(r')] F[G_0(r-r')] \} \} \quad \dots \text{式 (9)}$$

【0023】音響インテンシティーは、上記の式(8)及び式(9)により求めた音圧と粒子速度から計算できる。

【0024】このようにして近距離音場ホログラフィー法によれば、エバネッセント波に基づく二次元平面の測定音圧を用いて、音源に接する半自由空間内の三次元の近距離音場を精度良く再生して音源把握を可能にしている。

【0025】したがって、精度は音響インテンシティー法と同等であり、計測に要する時間は音響ホログラフィー法と同等である。また、精度がよく、且つ、音場の再生が可能であるので、測定した結果を用いて、音源変更予測等のシミュレーションを行うことが可能である。

【0026】

【発明が解決しようとする課題】平面近距離音場ホログラフィー法の基礎理論は、近距離音場のホログラム面において複素音圧(すなわち、強度と位相)が測定可能であることが基本となっている。また、等間隔で格子状に分割されたホログラム面上の全ての格子点における測定

【数4】

積の形式で表される。

【数5】

リエ変換であり、ここで採用しているデカルト座標系では、次式のようになる。

【数6】

の波の中に含まれている。

【0019】ホログラム面から音源の存在しない方向の再生を行う場合(すなわち $z \leq z'$ の場合であり、前進再生と呼ばれる)には式(5)を適用するが、音源の存在する方向の再生を行う場合(後進再生と呼ばれる)は式(5)と逆になり、次式のようになる。

【数7】

ーリエ変換すれば、ホログラム面に平行な半自由空間内の再生面上の音圧が次式の如く再生できる。

【数8】

音圧はコヒーレントでなければならない。すなわち、ホログラム面における音圧の強度・位相は、全体的に相関が取れていることが必要である。

【0027】したがって、従来の近距離音場ホログラフィー法の適用は、独立な音源が一つだけ存在する音場のような最も簡単な場合に限られていた。

【0028】現実の機械では多数の独立した音源が混在して同時に音を放射している場合が多く、このような多数の独立な音源が存在する音場では、時間によって全体音場の音圧のインテンシティー(強度)・位相がランダムに変化するので、上記のコヒーレント仮定を直接適用することはできない。

【0029】現実の機械に近距離音場ホログラフィー法を適用するためには、各分割測定間のインテンシティー・位相の相関を基準信号に基づいて確保した上で、測定時間により変動する全体音場を、互いに無相関で且つ各音場ごとにインテンシティー・位相の相関のある部分音場に分離してコヒーレントな音場という基本仮定を満たす各部分音場毎に個別に再生し、再生された部分音場の総和

として全体音場を再生する必要がある。

【0030】この原理に基づく近距離音場ホログラフィー法として、従来、相互スペクトル行列に対し主成分分析を用いることにより全体音場を互いに独立な部分音場に分離する方式が提案されている。

【0031】しかしながら、この方式では、主成分分析に特有な欠点として、処理が複雑なこと、主成分の物理的な意味の理解が困難であること、雑音と信号の分離が困難であることなどを有しており、複雑な音場への適用は難しいという問題点があった。

【0032】したがって本発明は、近距離音場ホログラフィー法を複数の独立した音源が存在する音場に適用して任意の再生面の音圧を演算する装置において、複雑な処理を用いることなく任意の再生面の音圧を演算して音源の位置を把握することを目的とする。

【0033】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明に係る近距離音場ホログラフィー装置は、ホログラム面の全格子点の音圧を分割測定する走査マイクと、音場の固定点の音圧データを測定する複数の基準マイクと、該走査マイクの各格子点での出力信号と各基準マイクの出力信号との相互スペクトル行列を作成し、偏関連度関数を用いて各基準マイクの出力信号に相互相関のある部分音場を分離し、個別に近距離音場ホログラフィー法を適用して再生することにより該音源の位置把握を行う演算手段と、を備えたことを特徴とする。

【0034】また、演算手段は、該部分音場を分離した後の残差雑音音場を演算する演算部を有し、または該再生した各部分音場の平均自乗音圧の輪を該音源の全体音場の状態を示す値として再生するように構成することができる。

【0035】

【発明の実施の形態】多数の独立な音源が存在する音場は、多入力線形系と考えることができる。すなわち、ホログラム面の各測定点の音圧は単一の出力と見なすことが出来、さらに多数の独立した音源から放射される音（それぞれ独立した入力と見なすことが出来る。）の線形和である。

$$\begin{pmatrix} S_{x_1x_1} & S_{x_1x_2} & \cdots & S_{x_1x_m} & S_{x_1y} \\ S_{x_2x_1} & S_{x_2x_2} & \cdots & S_{x_2x_m} & S_{x_2y} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ S_{x_mx_1} & S_{x_mx_2} & \cdots & S_{x_mx_m} & S_{x_my} \\ S_{yx_1} & S_{yx_2} & \cdots & S_{yx_m} & S_{yy} \end{pmatrix}$$

【0044】ここで、 $S_{x_ix_j}$ は基準マイク信号間の相互スペクトル、 S_{x_iy} 、 S_{yx_i} は基準マイク信号 x_i と或一つの走査マイクによる測定信号 y との相互スペクトルである。すなわち、この相互スペクトル行列の最初の $m \times m$ の行列は、入力（基準マイク出力）の相互スペクトル行列を示しており、 $(m+1)$ 番目の行と列ベクトルは

【0036】しかしながら、多数の独立した音源の信号を直接測定することは困難であり、直接測定できるのは音場に設置された基準マイク（参照マイク）の信号だけである。

【0037】基準マイクの信号もホログラム面の各測定点の音圧信号と同様に多数の独立した音源から放射される音の線形和であるが、基準マイクの信号が全ての音源の情報を含んでいるならば、基準マイクの線形和で各測定点の音圧を構成することができる。

【0038】これは、基準マイク信号を入力と見なすことができることを示しており、上記のようにコヒーレントな音場という基本仮定を満たす各部分音場毎に個別に再生を行わなければならないので、基準マイク信号を用いて音場をまず互いに独立した無相関な成分に分離することが必要となる。

【0039】本発明に係る近距離音場ホログラフィー装置では、「偏関連度関数」を用いて各入力に相関のある成分を順次除去して行き、互いに無相関な残差スペクトルを計算し、さらに残差スペクトルから互いに無相関な残差伝達関数を計算する方法を利用する。

【0040】基準マイク信号を用い、偏関連度関数によって多数音源の音場を互いに独立した無相関な成分に分離する原理について図1のフローチャートを参照して説明する。

【0041】なお、分離する際に重要なことは、設定した入力の数（ここでは、基準マイクの数）が実際の独立した音源の数と等しいかまたはそれより多い必要があることである。ここでは、入力数は独立な音源の数に等しいものとする。

【0042】まず、ホログラム面の走査マイクの出力信号と、該走査マイクによる測定点の中の一つの音圧と m 個の基準マイクの出力信号とを同時に入力し（ステップS1）、且つこれらの出力信号をFFT処理などの周波数分析を行う（ステップS2）。

【0043】そして、この周波数分析結果に基づき次式の $(m+1) \times (m+1)$ の相互スペクトル行列を作成する（ステップS3）。

【数10】

・・・式(10)

入力と出力（走査マイク出力）との関係を表している。

【0045】基準マイク信号の測定誤差が無視できるとすると、例えば x_1 と y の間の条件付 H_1 伝達関数 H'_{1y} は、次式により精度良く計算できる。

【数11】

【0053】このようにして2つのコヒーレントであり互いに独立した部分音場が全体音場から分離される。

成分を除去すると、次式が得られる。

【数20】

【0054】同様に、式(13)から x_2 に相関のある

$$\begin{pmatrix} S_{x_3x_3 \cdot x_1x_2} & S_{x_3x_4 \cdot x_1x_2} & \cdots & S_{x_3x_m \cdot x_1x_2} & S_{x_3x_v \cdot x_1x_2} \\ S_{x_4x_3 \cdot x_1x_2} & S_{x_4x_4 \cdot x_1x_2} & \cdots & S_{x_4x_m \cdot x_1x_2} & S_{x_4x_v \cdot x_1x_2} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ S_{x_mx_3 \cdot x_1x_2} & S_{x_mx_4 \cdot x_1x_2} & \cdots & S_{x_mx_m \cdot x_1x_2} & S_{x_mx_v \cdot x_1x_2} \\ S_{x_vx_3 \cdot x_1x_2} & S_{x_vx_4 \cdot x_1x_2} & \cdots & S_{x_vx_m \cdot x_1x_2} & S_{x_vx_v \cdot x_1x_2} \end{pmatrix} \quad \cdots \text{式 (20)}$$

【数21】

$$S_{x_1x_1 \cdot x_1x_2} = S_{x_1x_1 \cdot x_1} - \frac{S_{x_2x_1 \cdot x_1} S_{x_1x_2 \cdot x_1}}{S_{x_2x_2 \cdot x_1}} \quad \cdots \text{式 (21)}$$

【数22】

$$S_{x_1x_1 \cdot x_1x_2} = S_{x_1x_1 \cdot x_1} [1 - \gamma_{x_2x_1 \cdot x_1}^2] \quad \cdots \text{式 (22)}$$

【数23】

$$H'_{x_3v} = \frac{S_{x_3v \cdot x_1x_2}}{S_{x_3x_3 \cdot x_1x_2}} \quad \cdots \text{式 (23)}$$

【数24】

$$P_{v_j} = H'_{x_3v} S_{x_3x_3 \cdot x_1x_2}^{1/2} \quad \cdots \text{式 (24)}$$

ここで、 $\gamma_{x_2x_1 \cdot x_1}$ は偏関連度関数である。

【0055】同様の処理を繰り返して、最後に互いに無相関な m 個の残差部分音場と、どの基準マイク信号にも相関のない残差雑音音場と、に分離される(ステップS4, S5)。

【0056】以上の処理により分離された互いに無相関な m 個のホログラム面における残差部分音場に対して、個別に近距離音場ホログラフィー法を適用して残差部分音場を再生することが可能となり(ステップS6)、音源位置を把握することができる。

【0057】一方、この m 回の分離処理後の残差音場は、走査マイクによる測定音圧 y から全ての基準マイク信号に相関のある成分を除去した残差であるが、基準マイク信号の数と独立した音源の数が等しい場合、これは測定誤差項(残差誤差音場)となる。

【0058】この残差誤差音場には測定上の様々な誤差が含まれているので零にはならから、その残差誤差音場に測定誤差より大きな信号成分が残されていると、基準

$$MSP_e = \frac{1}{2} \left[\sum_{i=1}^m P_{v_i}^* \right] \left[\sum_{i=1}^m P_{v_i} \right] \quad \cdots \text{式 (25)}$$

【0062】各残差部分音場は互いに無相関なので、式(25)のクロス項はゼロとなり次式のようになる。

$$MSP_e = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m P_{v_i}^* P_{v_i} \quad \cdots \text{式 (26)}$$

【0063】これは、各残差部分音場のMSPの総和により、全体音場のMSP_eが求められることを示している。

マイク信号の数が不足して除去できない入力信号成分が存在すると考えられ、残差誤差音場を再生精度の判断材料として使うことができる。

【0059】ただし、上記のようにして再生された各残差部分音場は互いに無相関な音場なので、これらの和を求めても、実際の音場を表すことにはならない。また、偏関連度関数により残差スペクトルを次々と分離して行くので、これらの残差部分音場は現実の独立した音源と必ずしも物理的に対応していない。

【0060】実際に多数の独立した音源が存在する音場は、各音源のインテンシティ・位相が不規則に変化したものの総和であり一定値とはならないので、総和としての表現には不適當である。

【0061】したがって全体音場の再生として意味をもつ物理量は、位相情報を含まない量すなわち平均自乗音圧の和(以下、MSP_eと略称する)であり、次式で表される。

【数25】

【数26】

【0064】同様に、全体音場の音響インテンシティ I_e は、次式で与えられる。

【数27】

$$I_i = \frac{1}{2} \operatorname{Re} \left[\sum_{j=1}^n P_{ij} U_{ij}^* \right]$$

・・・式(27)

【0065】これらの式は、各残差部分音場のMSP、 I の総和により、全体音場のMSP I_t 、 I_t が求められることを示している。したがって、各残差部分音場のMSP、 I は、全体音場に対する各残差部分音場の寄与を示す量となり、各残差部分音場が現実の独立した音源と物理的に対応していれば、各音源のインテンシティの全体に対する寄与率を解析することも可能となる。

【0066】

【実施例】図2は、本発明に係る近距離音場ホログラフ装置の実施例を示したもので、この実施例では、1m×1mのホログラム面1を用意し、8個のマイク（走査マイク）2を支持棒3に一定の間隔で縦方向に配置したマイク・アレイ4を設けている。

【0067】そして、支持棒3を所定距離ずつ平行移動して行くことにより、ホログラム面1の各格子点の音圧の測定を行う。

【0068】また、互いに独立した音源が3個存在すると仮定して3個の基準マイク5～7を配置し、これらマイク・アレイ4からの8つのマイク出力信号と基準マイク5～7からの3つの出力信号の計11チャンネルの信号がマルチチャンネル周波数分析器（FFTアナライザ）8に送られ、この周波数分析器8において上記のとおり再生面での音圧を演算してディスプレイ9に表示するようにしている。

【0069】点線で示す如く音源として、3つの口径10cmの密閉型コーンスピーカ10～12を30cmの間隔で配置し、各スピーカ10～12を信号発生器13で発生された互いに無相関なランダム信号で駆動した。

【0070】また、基準マイク5～7は図3に示すように3種類の方法で配置した。配置①は図2に示したようにそれぞれスピーカ10～12の真上に配置する場合（音源の位置が正確に判っている理想的な場合）、配置②はスピーカ10～12付近に配置する場合（音源の位置がほぼ判っている通常の場合）、配置③はスピーカ10～12の位置にランダムに配置する場合（音源の位置が全く判らない最悪の場合）、をそれぞれ示している。

【0071】マイク・アレイ4における8つの走査マイク2は支持棒3に6.25cm間隔で配置し、支持棒3を6.25cmずつ平行移動して行くことにより、16×16に分割された広さ1m×1mのホログラム面1の音圧の測定を行った。基準マイクと音源との距離は12cmであり、ホログラム面1と音源との距離は10cmである。

【0072】また、支持棒2にはマイク4を6.25cm間隔で配置し、この支持棒2を6.25cmずつ平行移動していくことにより、16×16に分割された広さ

1m×1mの二つのホログラム面1、2の音圧の測定を行った。基準マイク13はスピーカ16の横12cmの位置に配置した。

【0073】図4～6(a)、(b)、(c)には、各配置①～③において測定された音圧を基準マイク5～7について分離した残差部分音場のMSPが示されており、図4～6(d)には各配置①～③における残差雑音音場のMSPが示されている。なお、残差部分音場は基準マイク5から基準マイク6及び基準マイク7と順次求められて行くので、基準マイク5については正確には単に部分音場が求められることになる。

【0074】また、図7(a)、(b)、(c)には、各配置①～③において測定された全体音場のMSP I_t を示す。

【0075】さらに、図8(a)、(b)、(c)には、各配置①～③において音源から8cmの距離の平面で再生した場合の全体音場を示す。全て600Hz成分（バンド巾2.5Hz）の処理結果であるが、他の周波数でも同様の結果が得られた。

【0076】理想的な場合では、図4に示す如く、各残差部分音場（同図(a)～(c)）のMSPは物理的な音源の位置をよく表現しており、残差雑音音場（同図(d)）も各残差部分音場のピークと比較して40dB以上小さい。この場合は、現実の音源に物理的にほぼ対応した部分音場が得られていると言える。

【0077】また、図7(a)に示す全体音場のMSPは3つのピークを有するが、各ピークのすそ野が広く音源の数が明確ではない。しかしながら、図8(a)では、音源に近づいた位置で再生（後方再生）しているので、3つのピークがより鮮明に分離されており、各音源の強度の差も明確になっている。

【0078】通常の場合（図5に示す配置②）と最悪の場合（図6に示す配置③）では、各残差部分音場のMSPはもはや物理的な音源に対応していないし（各図(a)～(c)）、残差雑音音場（各図(d)）も大きくなる傾向にある。

【0079】しかしながら、最悪の場合（図6に示す配置③）の残差雑音音場（同図(d)）のMSPの3つのピークの位置は音源の位置と等しく、基準マイク5～7の出力信号の数は真の音源の数と同じであり他に音源はないと判断できる。

【0080】また、図8(b)及び(c)に示す再生結果では理想的な場合（図4に示す配置①）と比較して、音源の位置は同じであるが、強度がそれぞれ7.6%、13.3%だけ小さいと評価されている。したがって、これらの場合では、音源の位置は正確に把握できるが、音源の強度の予測精度が悪くなると結論できる。

【0081】強度が過小評価される理由は、この分離の

過程で H_1 伝達関数を使用しているためと考えられる。 H_1 伝達関数は、基準マイク信号の雑音は無視できるという仮定に基づいているので、上記の最悪の場合(図6に示す配置③)のように基準マイク信号のSN比が悪い場合には、誤差が大きくなる。

【0082】したがって、基準マイク5～7の位置は、強度を正しく把握するためには、非常に重要である。測定の前に基準マイクで音源近傍を移動させて音圧の大きい位置を探索しておけば、最悪の場合は回避できるが、強度の精度が重要である場合は、再生結果に基づいて基準マイクの再配置を行うことが望ましい。

【0083】

【発明の効果】上述したように本発明は、ホログラム面の全格子点の音圧を分割測定する走査マイクと、音場の固定点の音圧データを測定する複数の基準マイクと、該走査マイクの各格子点での出力信号と各基準マイクの出力信号との相互スペクトル行列を作成し、偏関連度関数を用いて各基準マイクの出力信号に相互相関のある部分音場を分離し、個別に近距離音場ホログラフィー法を適用して再生することにより該音源の位置把握を行う演算手段と、を備えたことを特徴とする近距離音場ホログラフィー装置であるので、多数の音源の存在する音場において、各音源により音圧を精度良く演算することが可能で正確な音源把握を行うことができる。

【0084】また、主成分分析を用いる方法を比較して演算過程が簡単となるため、小型の演算処理装置、すなわち、コンピュータを用いて演算処理を実行することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る近距離音場ホログラフィー装置の概念を説明するためのフローチャート図である。

【図2】本発明に係る近距離音場ホログラフィー装置の実施例を示したブロック図である。

【図3】本発明に係る近距離音場ホログラフィー装置に用いられる基準マイクの配置例を示した図である。

【図4】図3の配置例において配置①で測定した残差部分音場と残差雑音音場を示した3次元グラフ図である。

【図5】図3の配置例において配置②で測定した残差部分音場と残差雑音音場を示した3次元グラフ図である。

【図6】図3の配置例において配置③で測定した残差部分音場と残差雑音音場を示した3次元グラフ図である。

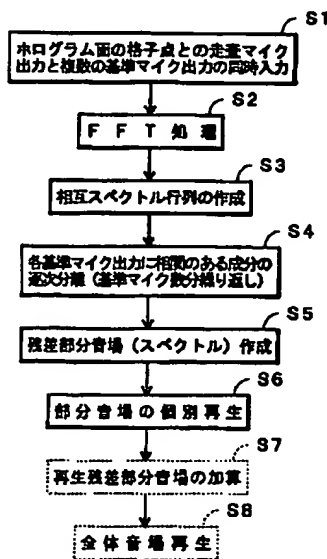
【図7】図3の配置例において各配置①～③で測定した全体音場を示した3次元グラフ図である。

【図8】図3の配置例において各配置①～③で測定した全体音場を再生した3次元グラフ図である。

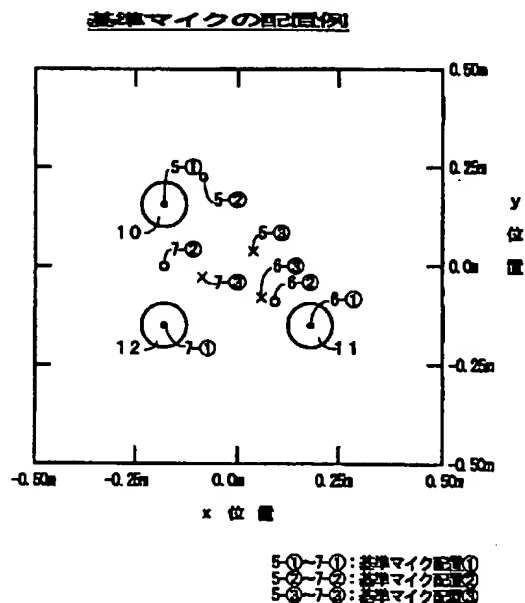
【符号の説明】

- 1 ホログラム面
 - 2 走査マイク
 - 3 支持体
 - 4 マイク・アレイ
 - 5～7 基準マイク
 - 8 マルチチャンネル周波数分析器
 - 9 ディスプレイ
 - 10～12 スピーカー
 - 13 信号発生器
- 図中、同一符号は同一又は相当部分を示す。

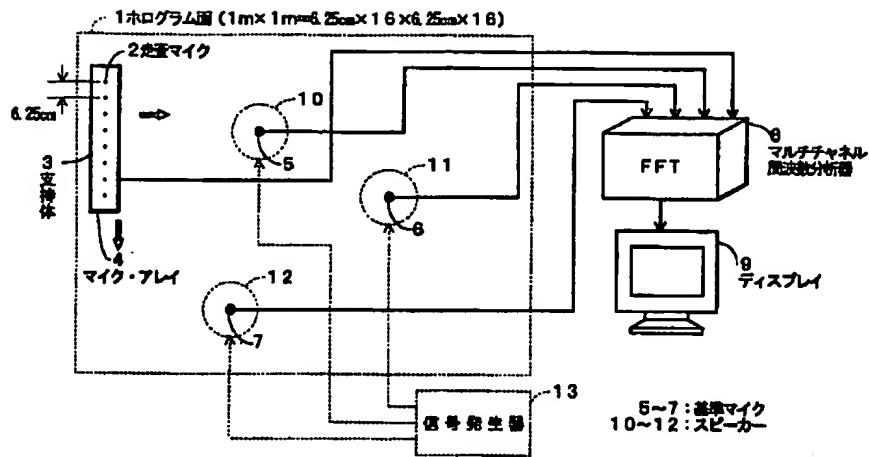
【図1】



【図3】

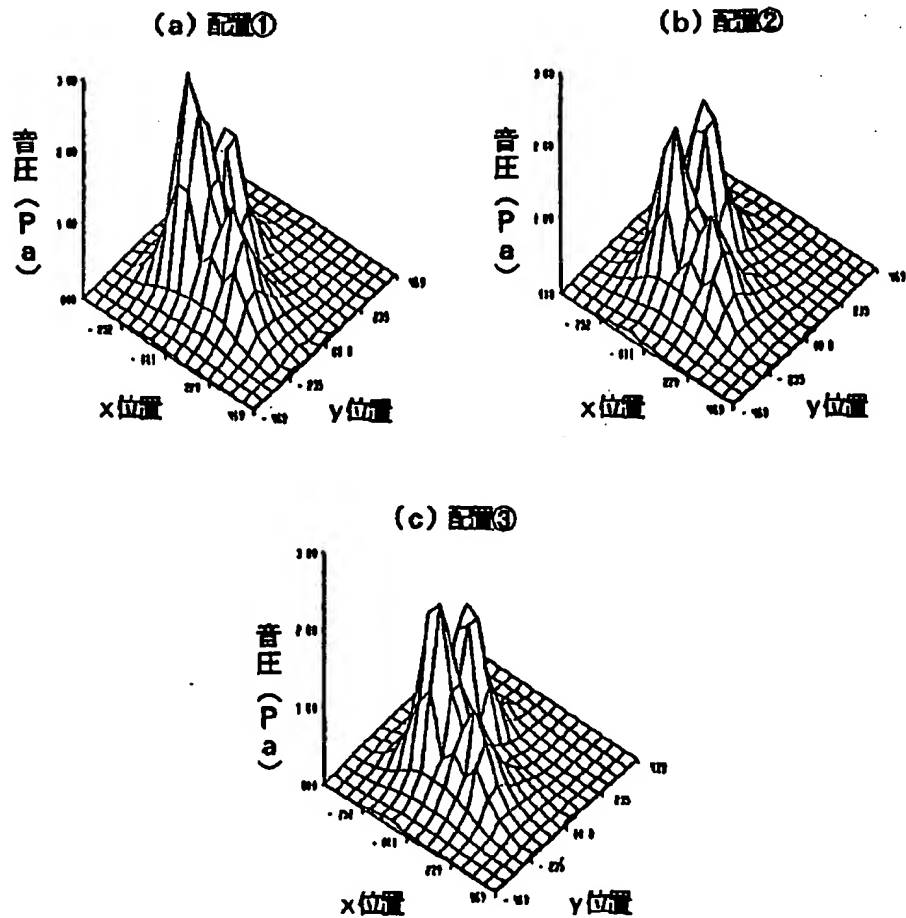


【図2】

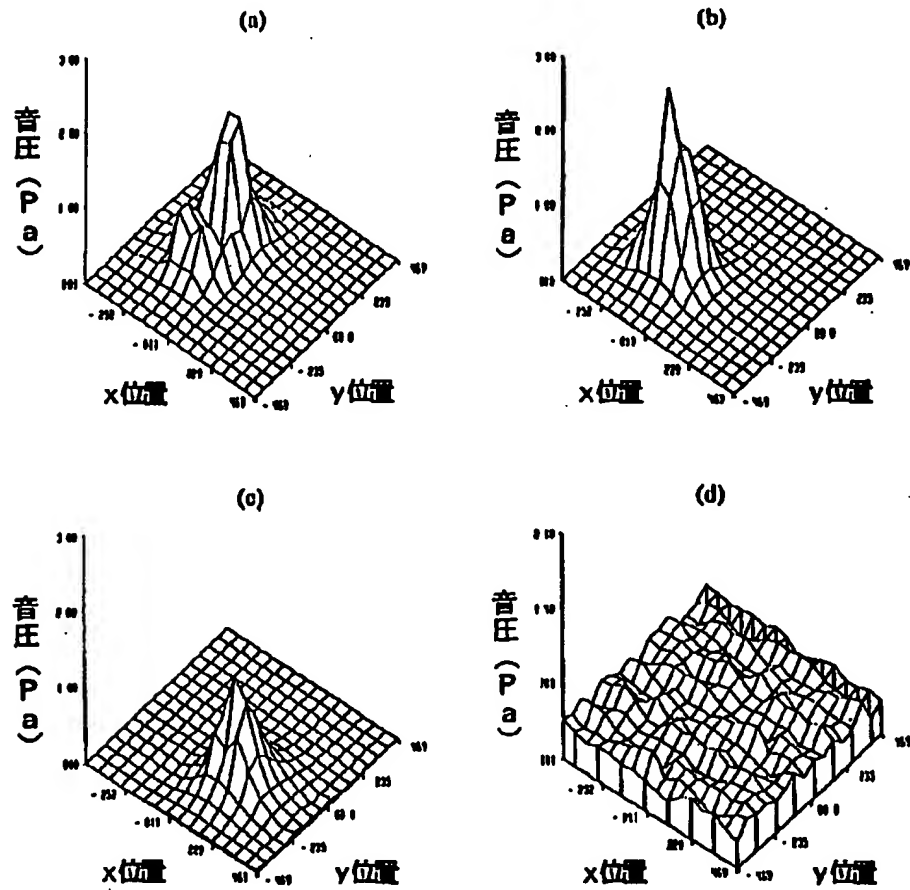


【図7】

全体音場 (測定値)

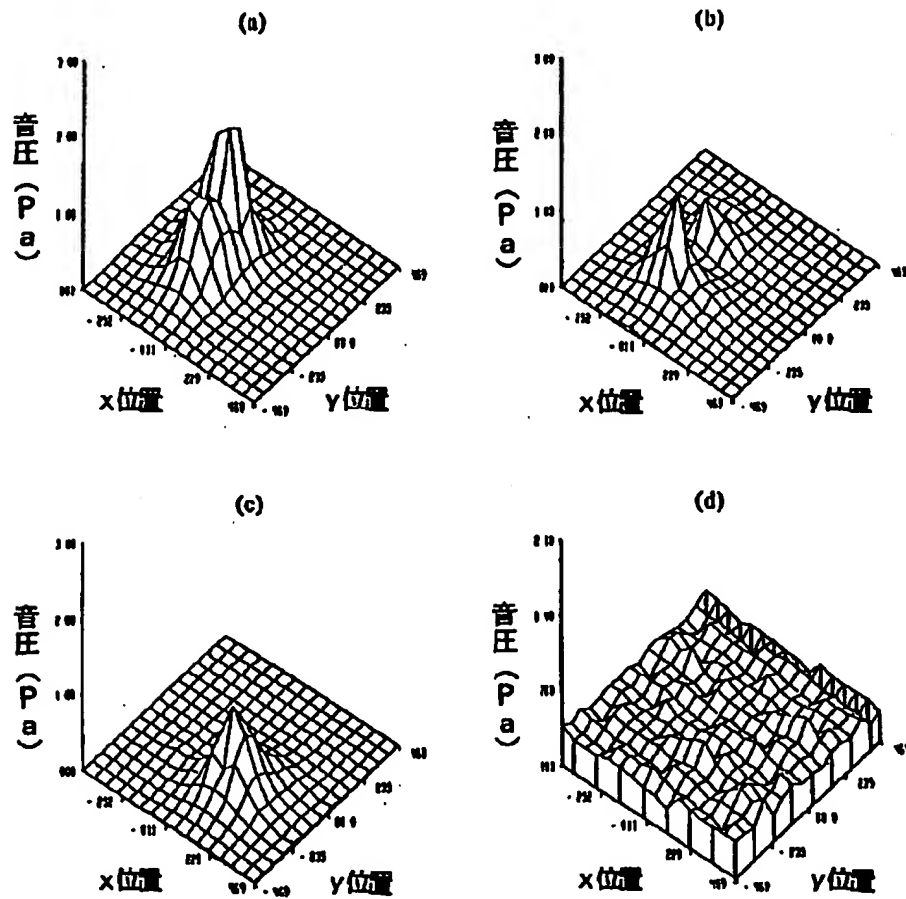


【図4】

配置①の残差部分音場と雑音音場

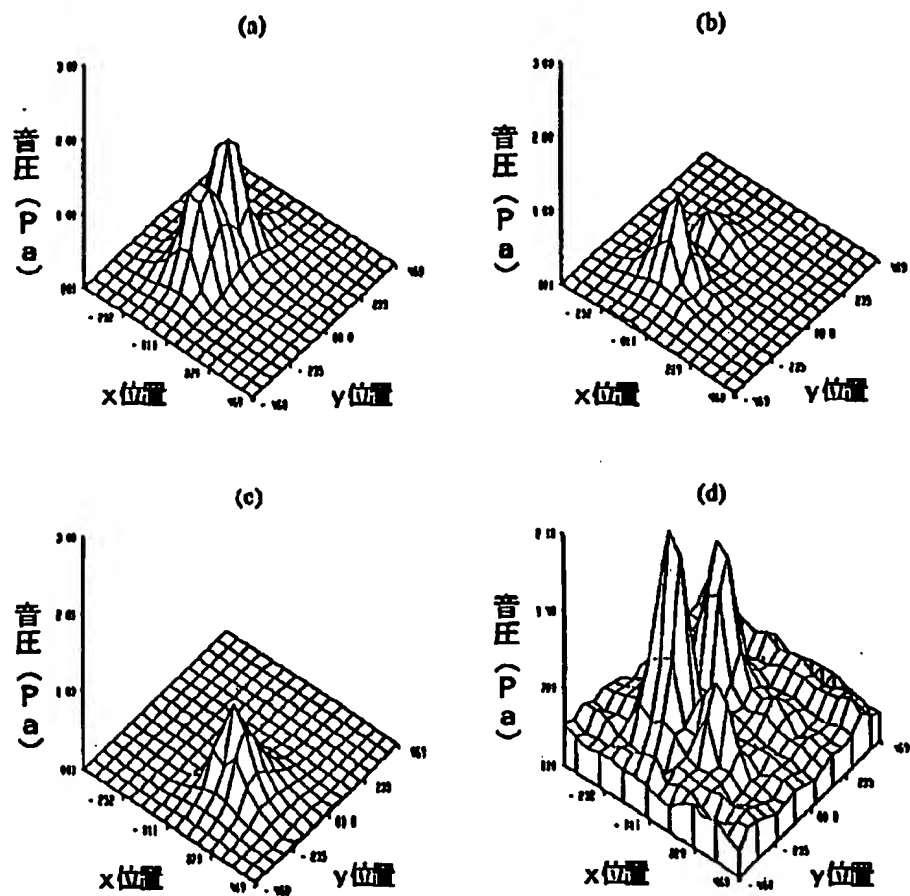
- (a) 基準マイク5に相関のある(残差)部分音場
 (b) 基準マイク6に相関のある(残差)部分音場
 (c) 基準マイク7に相関のある(残差)部分音場
 (d) 残差雑音音場

【図5】

配置②の残差部分音場と雑音音場

- (a) 基準マイク5に相関のある残差部分音場
 (b) 基準マイク6に相関のある残差部分音場
 (c) 基準マイク7に相関のある残差部分音場
 (d) 残差雑音音場

【図6】

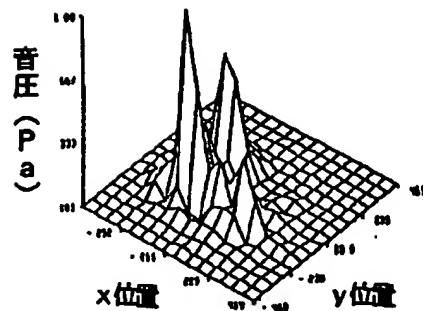
配置③の残差部分音場と雑音音場

- (a) 基準マイク5に相関のある残差部分音場
 (b) 基準マイク6に相関のある残差部分音場
 (c) 基準マイク7に相関のある残差部分音場
 (d) 残差雑音音場

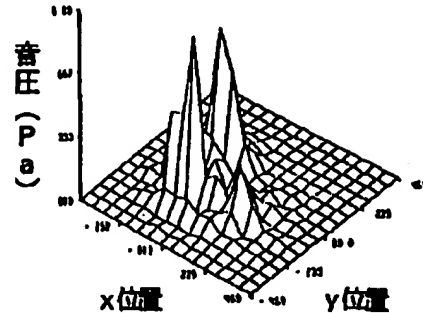
【図8】

全体音場（再生値）

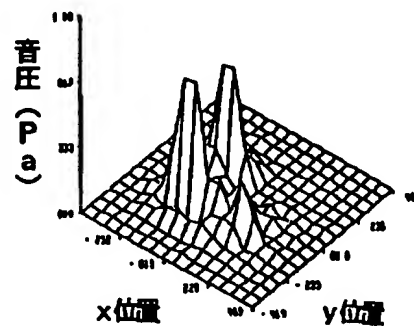
(a) 配置①



(b) 配置②



(c) 配置③



フロントページの続き

(72)発明者 スチュアート ボルトン
 アメリカ合衆国、インディアナ州、ウェスト・ラファイエット市1077、パデュー大学、
 スクール・オブ・メカニカル・エンジニア
 リング、レイ・ダブリュー・ヘリック・ラボ
 ラトリー内